

UF1722: Organización y gestión de las  
operaciones de cocción de productos cerámicos

Elaborado por: Laura Benítez Pecino

Edición: 5.0

**EDITORIAL ELEARNING S.L.**

ISBN: 978-84-16492-44-2

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

# Presentación

## Identificación de la Unidad Formativa

Bienvenido a la Unidad Formativa **UF1722: Organización y gestión de las operaciones de cocción de productos cerámicos**. Esta Unidad Formativa pertenece al **Módulo Formativo MF0667\_3: Organización y gestión de la fabricación de productos cerámicos conformados**, que forma parte del Certificado de Profesionalidad **VICF0211: Organización de la Fabricación de Productos Cerámicos**, de la familia de **Vidrio y Cerámica**.

## Presentación de los contenidos

La finalidad de esta Unidad Formativa es enseñar al alumno a participar en la organización de los trabajos de preparación y puesta a punto de las líneas de fabricación de productos cerámicos conformados, realizar la puesta en marcha de la fabricación de productos y generar y gestionar la información del proceso y de la fabricación de productos cerámicos conformados.

Para ello, en primer lugar se analizará el comportamiento de materiales ante la acción del calor, la gestión de las operaciones de cocción de productos cerámicos y la identificación de defectos y no conformidades de cocción. Por último, se estudiará gestión de residuos, efluentes y emisiones en la cocción.

## Objetivos de la Unidad Formativa

Al finalizar esta Unidad Formativa aprenderás a:

- Analizar las operaciones de cocción de productos cerámicos, relacionando los materiales de entrada y de salida, las variables de proceso, los medios de fabricación y los procedimientos de operación, con las características y propiedades de los productos obtenidos.
- Determinar la información de proceso necesaria para llevar a cabo la cocción de productos cerámicos a partir del análisis de la información técnica del producto y de las instrucciones generales de fabricación.
- Analizar los medios necesarios para la cocción de productos cerámicos, relacionándolos con los materiales empleados y con los productos obtenidos.
- Organizar y supervisar trabajos de cocción de productos cerámicos.
- Analizar los procedimientos de tratamiento, eliminación o reciclaje de residuos, efluentes y emisiones industriales, empleados en la sección de cocción de las empresas de fabricación de productos cerámicos.
- Analizar las condiciones de seguridad necesarias para el desarrollo de la operación de cocción de productos cerámicos.

# Índice

UD1. Comportamiento de materiales ante la acción del calor ....	9
1.1. Comportamiento de las materias primas plásticas .....	22
1.2. Comportamiento de las materias primas no plásticas .....	25
1.3. Principales reacciones y transformaciones del soporte y de los esmaltes durante la cocción.....	39
1.3.1. Densificación .....	40
1.3.2. Sinterización .....	43
1.3.3. Formación de fase vítrea .....	47
1.3.4. Piroplasticidad .....	50
UD2. Gestión de las operaciones de cocción de productos cerámicos .....	67
2.1. Técnicas de cocción de productos cerámicos .....	73
2.2. Variables de proceso de la operación de cocción.....	82
2.2.1. Variables del producto de entrada .....	84
2.2.2. Variables del horno .....	85
2.2.3. Variables del producto de salida .....	88

UF1722: Organización y gestión de las operaciones de cocción de productos cerámicos

2.3.	Ciclo de cocción.....	90
2.3.1.	Factores limitantes de un ciclo de cocción.....	92
2.3.2.	Etapas de los ciclos de cocción.....	93
2.3.3.	Relación entre ciclos de cocción, productos obtenidos y tecnologías empleadas.....	96
2.4.	Hornos.....	96
2.4.1.	Criterios de clasificación de hornos cerámicos.....	98
2.4.2.	Transporte de calor en los hornos cerámicos: la cocción rápida.....	107
2.4.3.	Instalaciones de almacenamiento y de alimentación de hornos.....	108
2.5.	Sistemas de gestión y control de instalaciones y operaciones de cocción.....	117
2.6.	Puesta a punto de las instalaciones de cocción.....	119
2.7.	Puesta en marcha de la producción. Secuencia de operaciones	121
2.8.	Operaciones de automantenimiento en las instalaciones de cocción.....	123
2.9.	Identificación de riesgos y condiciones de seguridad de las operaciones de cocción.....	124
2.10.	Información y documentación de organización de la operación de cocción.....	125
2.10.1.	La estructura documental del proceso.....	127
2.10.2.	Organización de flujos de información en el proceso de cocción.....	129
2.10.3.	Documentación. Sistemas de procesado, tratamiento y archivo informático de la información.....	131
2.11.	Balances de masa y de energía.....	135
2.12.	Optimización de la producción.....	137

## Índice

UD3. Identificación de defectos y no conformidades de cocción	153
3.1. No conformidades en el proceso de cocción	157
3.1.1. Identificación y valoración de defectos de cocción	164
3.2. Defectos y no conformidades atribuibles a las materias primas	174
3.2.1. Identificación y valoración de defectos y no conformidad	178
3.2.2. Identificación de las causas de los defectos y no conformidades y propuesta de medidas para su corrección y prevención	182
3.3. Defectos y no conformidades atribuibles a las composiciones de pastas y esmaltes	184
3.3.1. Identificación y valoración de defectos y no conformidades	186
3.3.2. Identificación de las causas de los defectos y no conformidades y propuesta de medidas para su corrección y prevención	191
3.4. Defectos y no conformidades atribuibles a la operación de cocción	197
3.4.1. Identificación y valoración de defectos y no conformidades	200
3.4.2. Identificación de las causas de los defectos y no conformidades y propuesta de medidas para su corrección y prevención	215
UD4. Gestión de residuos, efluentes y emisiones en la cocción	233
4.1. Normativa medioambiental aplicable a la fabricación de productos cerámicos	236
4.2. Descripción y caracterización de residuos, efluentes y emisiones en la cocción de productos cerámicos	252
4.3. Equipos e instalaciones para el tratamiento de residuos, efluentes, humos y otras emisiones empleados en la cocción de productos cerámicos	276
Glosario	335
Soluciones	339
Anexo	341

Área: vidrio y cerámica

# UD1

Comportamiento  
de materiales ante  
la acción del calor

**UF1722: Organización y gestión de las operaciones de cocción de productos cerámicos**

- 1.1. Comportamiento de las materias primas plásticas
- 1.2. Comportamiento de las materias primas no plásticas
- 1.3. Principales reacciones y transformaciones del soporte y de los esmaltes durante la cocción
  - 1.3.1. Densificación
  - 1.3.2. Sinterización
  - 1.3.3. Formación de fase vítrea
  - 1.3.4. Piroplasticidad



Por materiales cerámicos se entiende —en una amplia definición— , aquellos materiales sólidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico.

---

Los materiales cerámicos, comparados con los metales y plásticos son duros, no combustibles y no oxidables. Pueden utilizarse en ambientes de altas temperaturas, corrosivos y tribológicos. En dichos ambientes muchas cerámicas exhiben buenas propiedades electromagnéticas, ópticas y mecánicas. Una característica fundamental del este material del que se trata, incluye que puedan fabricarse en formas con dimensiones determinadas.

Pasos generales del proceso de fabricación de los materiales cerámicos:

- Amasado
  - Arcilla, caolín, cuarzo, etc...
  - Se mezclan y se amasan con el agua.
- Conformado
  - Dar forma a la masa.
  - Torno u otra técnica.
- Secado
  - Se deja secar y escurrir a temperatura ambiente.

#### UF1722: Organización y gestión de las operaciones de cocción de productos cerámicos

- 1ª Cocción
  - En función del material en un u otro tipo de horno.
  - 900° - 1500° C.
- Revestimiento
  - Una vez cocido, se le da una capa con barniz o esmale. Transparente u opaco.
  - No siempre necesario.
- 2ª Cocción

Para vitrificar el esmalte o barniz con el que se ha revestido el objeto.
- Acabado
  - Paso final.
  - Decoración.
  - A veces otra posterior cocción.

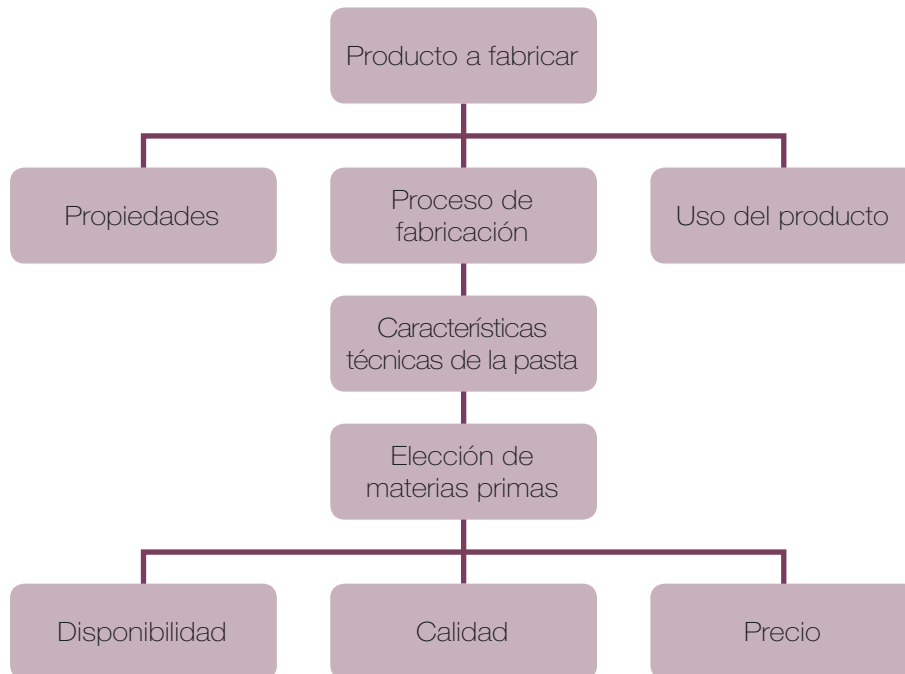
Para la fabricación de los materiales cerámicos tradicionales se usan materias primas que vienen de minerales, en función de la Industria en la que se vaya a emplear el tipo de cerámico. Además de esta clasificación, existen otras que irán en función de las propiedades que presente cada material.

Materias primas utilizadas en las principales industrias cerámicas (Galán & Aparicio, 2010)		
Industria	Tipo de producto	Materia prima utilizada
Estructural	Ladrillos de construcción y todo tipo de ladrillo hueco, tejas, tuberías sin esmaltar	Arcilla
	Hormigón	Caliza, arcilla

Materias primas utilizadas en las principales industrias cerámicas (Galán & Aparicio, 2010)		
Industria	Tipo de producto	Materia prima utilizada
Refractarios	Ladrillos de sílice	Cuarcita
	Ladrillos de magnetita	Magnesita
	Ladrillos de cromo	Compuestos de cromo
	Ladrillos de dolomita	Dolomita (serpentininas, talco)
	Ladrillos de carbón	Grafito
	Ladrillos de carburo de silicio	Coque, arena
	Aislantes	Tierra de diatomeas, vermiculitas, asbestos, etc...
	Ladrillos de silimanita	Silimanita, cianita o analucita
	Ladrillos de alta alúmina	Fireclay y bauxita o arcillas bauxíticas
	Crisoles y recubrimientos interiores de plantas metalúrgicas, fábricas de gas y otras aplicaciones	Arcillas, rocas silíceas, grafito, etc...
Productos cerámicos esmaltados	Azulejos	Arcilla y esmalte, pirofilita, talco, etc...
	Sanitarios	Arcilla, caolín, feldespato, sílice, esmalte
	Porcelana	Arcilla, caolín, feldespato, sílice
	Porcelana de huesos	Cenizas de huesos, arcillas, feldespatos
	Esmaltes y engobes	Arcillas, sílice, feldespato y otros fundentes

Materias primas utilizadas en las principales industrias cerámicas (Galán & Aparicio, 2010)		
Industria	Tipo de producto	Materia prima utilizada
Otros materiales cerámicos	Sílice fundida	Arena o cuarzo de alta pureza
	Refractarios especiales	Óxidos puros. Ej.: BeO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, ZrO <sub>2</sub> , ThO <sub>2</sub> , espinelas, carburos, nitruros, fosfuros, etc...
	Porcelana eléctrica	Arcilla, caolín, sílice, feldespatos
		Rutilo
		Esteatita (talco)
		Titanatos de magnesio y bario
		Zircón
	Materiales magnéticos	Ferritos
	Cermets	Óxidos metálicos y cerámicos
	Esmaltes, vidrios	Arena, carbonato sódico, caliza, feldespato, sulfato y nitrato sódico, bórax y ácido bórico, agentes colorantes y ácido opacificantes
Abrasivos	Carburos de silicio, alúmina	

La dosificación de estas materias primas depende del tipo de producto a conseguir, clasificados de acuerdo a su permeabilidad y grado de vitrificación, o vidriado parcial en sus caras en los productos cerámicos porosos, semipermeables e impermeables.



*Criterios de elección de las materias primas (Galán & Aparicio, 2010)*

De forma general se podría decir que los materiales cerámicos se obtienen a partir de distintos tipos de arcillas.

Los materiales arcillosos, son compuestos naturales de grano fino con un aspecto terroso y constituido por un grupo de sustancias cristalinas, otros minerales de origen arcilloso, además de fragmentos de rocas y otros materiales.

Además, cada tipo de arcilla tiene una granulometría propia que la diferencia de otras.

Clasificación granulométrico según distintos criterios	
Según Attemberg (clasificación internacional)	Según Seger (muy usada en cerámica)
De 0 a 0,0002 mm arcilla	De 0 a 0,01 mm arcilla
De 0,0002 a 0,002 mm polvo extrafino	De 0,001 a 0,025 mm polvo extrafino
De 0,002 a 0,02 mm arena fina	De 0,025 a 0,04 mm arena impalpable
De 0,02 a 0,2 mm arena gruesa	De 0,04 a 0,33 mm arena fina
De 0,2 a 2 mm arena muy gruesa	De 0,33 mm o más arena gruesa



*Granulos de arena*

Hay una estrecha relación entre la composición química y el tamaño de grano de los materiales con las propiedades que estos tienen como pueden ser la plasticidad, velocidad de secado, contracción, etc...

La valoración de cualquiera de las propiedades de las arcillas a través de distintos análisis, proporciona unos datos que se pueden restringir a un número corto de casos, y no se puede predecir el comportamiento de las mismas bajo otros aspectos.

La característica fundamental de las arcillas, es que cuando están húmedas se pueden moldear, no ocurre lo mismo cuando están secas, y su estructura se vuelve vitrificada o refractaria bajo el efecto de elevadas temperaturas.

Para más información, consulta los "Ensayos sobre Materias Primas" en el anexo al final del libro

Existen diversas clasificaciones de arcillas, pero teniendo en cuenta criterios tales como sus propiedades fisicoquímicas, o en función de su , y centrándose obviamente en el uso que se le da dentro del sector cerámico se puede clasificar en tres grandes grupos (Sanfeliu & Cepriá, 2001):

- Caolines o China-Clays.

Composición sobre todo caolinítica —es decir, caolín—, debido a un proceso de beneficio y concentración de este mineral a partir de una roca arcillosa rica en este mineral. Caracterizado por su color blanco o de color crema tras la cocción de la misma y su propiedad refractaria.



El **caolín** es una roca blanca, que cuando es usado en la industria es el resultado de concentrar este filosilicato con pequeñas cantidades de cuarzo, además de feldspatos, micas y óxidos de hierro.

El uso del caolín, se debe sobre todo a propiedades tales como su color blanco, prácticamente inocuo (a diferencia de otros que presentan toxicidad), inerte ante otros productos químicos, etc...

---

El caolín, es comúnmente usado en unas proporciones que oscilan entre el 5 y el 20% en peso para mejorar la blancura del producto final (por tanto, mejorará propiedades estéticas incrementando la calidad), y en ocasiones es usado también para evitar deformaciones durante el proceso de cocción sobre todo en sectores de la industria cerámica como son la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos, debido a que su coeficiente de dilatación es bajo.

También usado, en sectores tales como los de porcelana sanitaria, de mesa, loza, fabricación de fritas y esmaltes cerámicos.



*Porcelana de mesa*

- Arcillas de color blanco tras cocción.

Estas arcillas están compuestas por minerales del grupo denominado Kanditas (del que destacan las illitas y montmorillonitas en proporciones elevadas), y además poseen un porcentaje en peso menor al 3% de óxidos de hierro, también es posible que aparezcan pequeñas concentraciones de minerales como la piritita y el yeso, en el caso de que así sea y tenga lugar unas concentraciones más elevadas podrían originar la devaluación del producto.

Usadas principalmente en sectores tales como los de los pavimentos, ladrillos de alta calidad, loza, porcelana sanitaria, además de materiales resistentes que sean resistente al ataque ácido.



*Porcelana sanitaria*

- Ball Clays.

Composición fundamental caolín e illinita, y caracterizadas por su alta plasticidad, además de ser fácilmente dispersables en agua, y como su nombre del grupo en el que se incluyen indica, son blancas tras la cocción sea cual sea su color natural. Este color blanco variará en función de la cantidad de materia orgánica que posea.



La caolinita de las que están compuestas este tipo de arcillas, presenta una baja cristalinidad además de un tamaño de grano pequeño.

---

- Fire Clays.

Están principalmente caracterizadas por su propiedad refractaria —es decir, capaces de soportar temperaturas superiores a 1500 °C—, ya que presenta unos bajos contenidos en óxidos e hidróxidos como son los de hierro, magnesio y álcalis.

El uso de este tipo de arcillas se reduce a cuando se precise material refractario, pero en la actualidad se limita su uso debido a los grandes avances que han tenido lugar en los distintos sectores que precisan de arcillas que presenten una propiedad refractaria.

- Flint Clays.

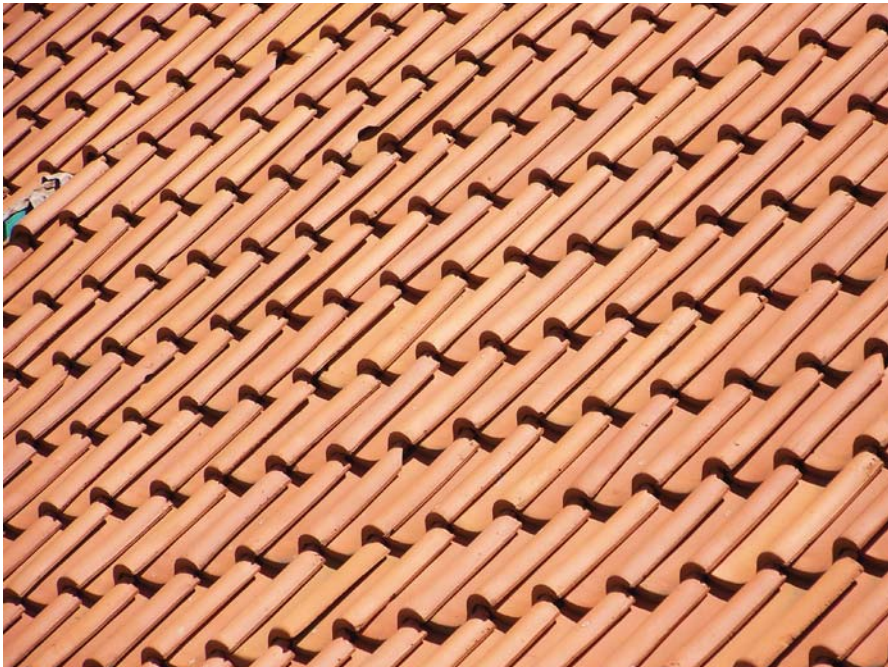
A diferencia de la Ball Clays, la caolinita que forma parte de su composición presenta un alto grado de cristalinidad, aunque el tamaño de partícula también es pequeño. Por tanto, estas características serán las que desemboquen en comportamientos como son su plasticidad, dureza y densidad.

En cuanto su uso, es prácticamente exclusiva de la fabricación de chamota que tiene lugar en cerámica refractaria de elevada calidad.

- Arcillas de color rojo tras cocción.

La composición principal es illítica, y al igual que el resto de arcillas presentan contenidos de caolinita, cuarzo, micas, y clorita, además de otros componentes como son hematites, pirita y materiales carbonosos (lo que implica presencia de materia orgánica).

Los sectores de la industria cerámica en los que principalmente se usan estas arcillas, son el de ladrillos, tejas, pavimentos y revestimientos cerámicos. Esto se debe a que la calidad de las arcillas a usar, permiten márgenes de tolerancia en el que se incluyan proporciones de impurezas como el carbón, yeso o carbonatos.



Tejas

- Arcillas refractarias.

Al ser varias las características que reúnen estas arcillas, solo se puede decir que en común presentan un comportamiento refractario, poseyendo las mismas características que las denominadas arcillas blancas, con la diferencia de que sus concentraciones en óxidos como los de hierro y titanio son superiores que es lo que les proporciona el tono característico.